



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Eablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand

Vollertsen, Jes; Kristensen, Niels Krogh; van Alst, Nikki

Published in:
Trafik & Veje

Publication date:
2018

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Vollertsen, J., Kristensen, N. K., & van Alst, N. (2018). Eablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand. *Trafik & Veje*, 95(5), 52-55. <http://asp.vejt看id.dk/Artikler/2018/05/8984.pdf>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand

Når vejvand udledes til følsomme recipienter såsom søer, mindre vandløb med høj målsætning eller Natura 2000 områder, kan det være hensigtsmæssigt at rense vandet før udledningen. Dette gøres almindeligvis i regnvandsbassiner, nedslivningsbassiner eller nedslivningsgrøfter. I enkeltstående tilfælde kan recipienten være så følsom, at det er hensigtsmæssigt at rense vejvand mere end, hvad de almindeligt anvendte teknologier kan klare. Dette kan gøres ved at efterpolere vejvandet for eksempel i et filteranlæg. To sådanne anlæg er bygget i fuld skala på motorvejen mellem Aarhus og Silkeborg.

Jes Vollertsen, Aalborg Universitet
jv@civil.aau.dk

Niels Krogh Kristensen, Vejdirektoratet
nkk@vd.dk

Nikki van Alst, Aalborg Universitet
nva@civil.aau.dk

Hvornår skal vejvand efterpoleres?

Det første spørgsmål, der trænger sig på, er, hvornår vejvand skal efterpoleres. Vel-dimensionerede våde regnvandsbassiner, nedslivningsbassiner eller nedslivningsgrøfter bringer de fleste miljøskadelige stoffer ned på eller endog under niveau af, hvad

der forekommer i selv følsomme recipienter. Almindelige våde regnvandsbassiner, nedslivningsbassiner eller nedslivningsgrøfter leverer derfor i langt de fleste tilfælde en fuldt tilstrækkelig rensning af vejvandet. Det således rensede vejvand kan uden problemer udledes til langt de fleste vandløb, søer, fjorde og hav. I enkeltstående tilfælde

kan det være hensigtsmæssigt at rense vejvandet yderligere.

Hvorvidt vejvandet bør renses mere end, hvad de almindeligt anvendte teknologier kan, bestemmes af, hvor følsom recipienten er i forhold til den påtænkte udledning såvel af stoffer som temperatur. Teknologien kan også anvendes, hvis miljømyndigheden vurderer, at vejvandet ikke kan nedsives, og overfladerecipienten samtidig er særligt følsom. Teknologien kan også benyttes før nedsivning, hvor den naturlige beskyttelse af grundvandet mangler for eksempel pga. en for ringe lertykkelse eller for kort afstand til grundvandet. Overvejes en efterpolering af vejvand, skal der i hvert enkelt tilfælde foretages en analyse af, hvilke stoffer eller fysiske egenskaber, der gør vandet specielt problematisk i forhold til den konkrete recipient. Det skal derpå konkret vurderes, hvorvidt den planlagte efterpoleringsteknologi kan nå det ønskede mål.

Renseprocesser

Hovedparten af vejvands indhold af stof udgøres af partikler eller stoffer, der er bundet til partikler. Partikelindholdet målt som suspenderet stof ligger oftest i intervallet 30-300 g/m³ med typiske værdier omkring 90 g/m³. En del af disse partikler er støv fra de omgivende arealer, mens andre stammer fra trafikrelateret aktivitet. Et eksempel på sidstnævnte er mikroplast i form af afrivning af partikler fra dæk. Denne kilde er erkendt at udgøre mere end halvdelen af den samlede udledning af mikroplast i Danmark. Når vejvand skal renses, er det derfor væsentligt, at det system, der anvendes, kan fjerne partikler. Partikler kan grundlæggende set fjernes ved bundfældning eller filtrering. Våde regnvandsbassiner gør brug af bundfældning, mens nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter gør brug af filtrering.

Ud over partikler eller miljøskadelige stoffer bundet til partikler findes der en mindre mængde opløste miljøskadelige stoffer i vejvandet. Opløst miljøskadeligt stof kan fjernes ved binding til partikler og overflader (sorption), ved udfældning med andre opløste stoffer i vandet eller ved biologisk omsætning. I våde regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter forekommer disse processer i et vist omfang naturligt. På dette punkt ligner våde regnvandsbassiner små naturlige søer, hvor der på naturlig vis sker en

tilbageholdelse og nedbrydning af opløste og kolloide stoffer. På tilsvarende vis vil en naturlig jord tilbageholde og omsætte en lang række opløste og kolloide stoffer. Nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter består af naturlige jorder og vil derfor også tilbageholde og nedbryde en lang række opløste og kolloide stoffer.

Effektiviteten af et vådt regnvandsbassin til at tilbageholde og omsætte miljøskadelige stoffer afhænger af dets design. Kort fortalt afgør vandets middelopholdstid i det våde volumen, hvor effektivt et sådant bassin renses. Erfaringen siger, at hvis det våde volumen er 200-250 m³/red.ha, vil en yderligere øgning af volumenet ikke medføre en yderligere rensning. Ved design af våde regnvandsbassiner skal der endvidere tages højde for en række praktiske forhold, såsom at undgå kortslutningsstrømme, begrænse overløbskanthastigheden, have en tilpas vanddybde, m.v. Effektiviteten af nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter afhænger af jordens evne til at filtrere og dens evne til at binde opløst og kolloid stof. Her gælder generelt, at en uensartet jord med lav hydraulisk ledningsevne er god til at filtrere. Jordens evne til at binde opløst stof bestemmes af dens pH, dens indhold af organisk stof og diverse mineraler. En effektiv jord til binding af opløste stoffer bør derfor være basisk samt have et højt indhold af for eksempel organisk stof, lermineraler, kalkmineraler, jernmineraler eller aluminiummineraler.

Filtres virkemåde

Filteranlæg til efterpolering af vejvand bringer en kombination af bundfældning, filtrering og sorption i spil. Et filteranlæg kombinerer renseprincipperne vi kender fra de våde regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter. Det første skridt i rensningen er et vådt regnvandsbassin, der har til formål at fjerne mest muligt stof ved bundfældning. Derpå ledes vandet gennem en kunstigt opbygget

jord – et filteranlæg – der fjerner kolloider og opløst miljøskadeligt stof. Figur 1 viser princippet i opbygningen af et filteranlæg.

Forbassin

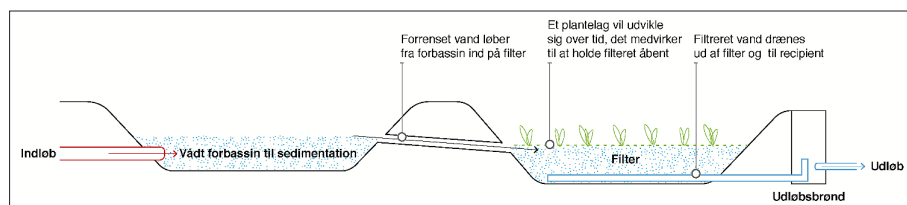
Det første trin, det våde forbassin, har til formål at tilbageholde så meget partikulært stof som muligt for herved at nedbringe belastningen på filteret. I princippet kan det våde regnvandsbassin undlades uden at miste renseseffektivitet. I så fald vil filteret tilbageholde de partikler, der ellers fanges i regnvandsbassinet. Ulempen er, at filterets overfladebelastning med partikler bliver stor, og det derfor hurtigere vil stoppe til og miste en del af sin hydrauliske kapacitet. Man kan dermed sige, at det våde regnvandsbassin sikrer en lang levetid af filteret. Som sidebemærkning kan det nævnes, at nøjagtig de samme forhold gør sig gældende for nedsivningsbassiner, hvor der også bør være en effektiv fjernelse af partikulært materiale, før vandet ledes til nedsivning, da bassinerne ellers vil have en kortere levetid.

Dette kan illustreres ved et eksempel:

- Antag at vejvandet har et suspenderet stof (TSS) indhold på 100 g TSS/m³, og at der årligt afledes 6000 m³ vejvand per reduceret hektar. Der kommer derfor årligt 600 kg TSS/(red.ha år).
- Antag at filteret har en overflade på 200 m²/red.ha. Overfladen modtager derfor 3 kg TSS/(m² år).
- Antag at sedimentet har en afvandet massefylde på 1500 kg TSS/m³. Der vil derfor i snit aflejre sig 2 mm/år af sediment på overfladen.

Sedimentet vil ikke aflejre sig jævnt over filterets bund, og sedimentaflejringen vil derfor med tiden medføre en ujævn bund og dermed en ujævn udnyttelse af filterets overflade. Over en 25 års periode vil der for det beskrevne eksempel i snit have aflejret sig 5 cm sediment på filterets overflade. Det skal her holdes i mente, at der er stor forskel på, hvor meget TSS de forskellige veje

Figur 1. Principskitse af filteranlæg.



bidrager med, og der derfor kan være systemer, der oplever en væsentlig større eller væsentligt mindre sedimentopbygning.

Ved at koble et vådt forbassin foran filteranlægget skabes en barriere for TSS. Et vådt forbassin fungerer præcist som et vådt regnvandsbassin og vil typisk have en fast udløbskoncentration på under 30 g TSS/m³ ved selv relativt små bassinstørrelser. Antages for eksempel, at koncentrationen i udløbet er 15 g TSS/m³, fås en sedimentopbygning på 0,3 mm/år i stedet for de før beregnede 2 mm/år. Dette svarer til at forlænge levetiden på filteret med cirka en faktor 7.

Et forbassin i forbindelse med et filteranlæg er kun nødvendigt, hvis der er væsentlige mængder suspenderet stof i vejvandet. Dette vil være tilfældet, hvis vejen afvandes ved kantopsamling. Benyttes i stedet grøfter til opsamling og videreledning af vejvandet, vil grøften i sig selv tilbageholde en stor del af det suspenderede stof. Det kan derfor overvejes at undlade et forbassin i denne situation. I givet fald skal man dog være sikker på, at jorderosion fra grøften ikke kan føre væsentlige mængder sediment ind på filteret.

Benyttes trug i kombination med underdræn, vil jorden over drænet virke som filter og ud over TSS fjerne en stor del af de miljøskadelige stoffer i vejvandet. Det bør i denne situation overvejes helt at undlade et filteranlæg, idet den overliggende jord formentlig vil fjerne det meste af, hvad der ellers kan fjernes i et efterfølgende filter. Der foreligger dog ikke systematiske målinger under danske forhold på rensning i vejtrug med underdræn, og effekten er følgelig ikke dokumenteret.

En effektiv reduktion af suspenderet stof opnås allerede ved relativt små specifikke volumener af forbassinet. Således er et vådt forbassin på 50 m³/red.ha typisk tilstrækkeligt til at beskytte filteroverfladen

mod sedimentopbygning. Et lille forbassin skal dog oprensnes hyppigt. For eksempel bør et forbassin på 50 m³/red.ha renses op cirka hvert 5. år. Det konkrete oprensningsbehov bestemmes af belastningen på bassinet. Ønskes en sjældnere oprensning skal bassinets volumen øges for eksempel til, hvad der typisk anvendes ved våde regnvandsbassiner. Hvis der vælges et stort bassinvolumen, kan dette med fordel opdeles i sektioner. Sektionsopdeling af et bassin vil øge stoffjernelsen og lette den efterfølgende vedligeholdelse af bassinet.

Vanddybden i forbassinet bør mindst være 1-1,5 m. Bliver vanddybden for lille (mindre end ca. 0,7 m), øges risikoen for resuspension af sediment under stormvejr, idet bølger på bassinet kan hvirvle bundsediment op. Man kan godt anlægge forbassinet med en større dybde, uden at dette skader bassinets funktion. Bassinet bør have tæt bund, således at der ikke trænger uvedkommende vand ind fra den omliggende jord. En tæt bund vil endvidere forhindre nedsivning af vejvand, hvor dette er uønsket.

Vandhastigheden i udløbet bør være tilpas lille, så resuspension af bundsediment ved udløbet undgås. Dette kan opnås på flere måder for eksempel gennem de af vejdirektoratet almindeligvis brugte betonbygværker til regulering af afløb fra våde regnvandsbassiner. Afløbet behøver i princippet ikke være droslet. Hvis det vælges at udføre afløbet uden drosling, skal der anvendes en lang overløbskant, der sikrer en tilpas lav hastighed henover kanten.

Vandfordeling

Fra forbassinet føres vandet ud på filterarealet. Vandet skal fordeles så jævnt som muligt på filteret, således at overfladen belastes så jævnt som muligt. En jævn vandfordeling kan være en udfordring, og den

konkrete udformning af vandfordelingen må i hvert enkelt tilfælde bestemmes af de lokale forhold. En mulighed er at lave en manifold, hvor tilløbsrøret forgrener sig ud til forskellige punkter på filteroverfladen.

Hvor vandet løber ud på filteroverfladen, skal denne sikres mod erosion fra vandstrålen. Dette gøres for eksempel ved at etablere stensætninger omkring udløbet. Hvis det vælges at lede vandet uden drosling fra forbassinet og ind på filteret, skal erosionssikringen være tilsvarende modstandsdygtig, idet erosionen kan blive voldsom.

Filteret

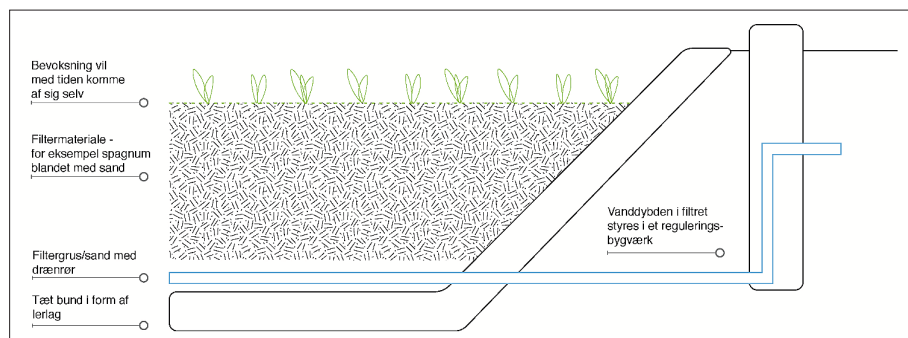
Selve filteret består af et eller flere lag designet jord – også kaldet filtermaterialer eller filterjord. Der er mange jordtyper, materialer eller blandinger heraf, der kan anvendes til dette formål, og beskrivelsen af materialevalg i nærværende vejledning er derfor ikke udtømmende, men alene et eksempel på, hvordan et filter kan opbygges.

Det er jordens indhold af organisk stof og mineraler samt dens pH, der styrer, hvor effektiv den er til at tilbageholde opløst og kolloidt stof. Derudover bestemmer jordens kornstørrelser og uensartethed, hvor effektiv den er til at tilbageholde fine partikler. Vejvand indeholder en lang række stoffer på finpartikulær og kolloid form samt stof på opløst form. Mange af disse komponenter er af naturlig oprindelse og ganske uproblematisk, men en mindre del er miljøskadelige stoffer fra trafik, asfalt, skilte, autoværn, afstribning, og lignende, eller fra atmosfærisk deposition på vejarealerne.

Hvilke stoffer, der konkret er tale om, er vanskeligt at forudse, idet stoffernes forekomst er variabel fra sted til sted samt over tid. Filteret bør derfor sammensættes, så det dels har gode filteregenskaber over for finpartikulære og kolloide partikler og dels kan tilbageholde et bredt spektrum af opløste stoffer. I denne sammenhæng kan det som tommelfingerregel antages, at organisk stof er godt til at binde organiske forbindelser som fx PAH, mens kalk-, jern- og aluminiumholdige materialer samt lermineraller er gode til at binde fx metaller og fosfor.

Det øverste lag bør være effektivt til at filtrere, have en rimelig hydraulisk ledningsevne samt tillade vækst af planter. Sidstnævnte vil medvirke til at holde filteroverfladen åben for vandgennemtrængning. Sådanne egenskaber kan opnås ved en

Figur 2. Filter med ét filtermateriale.



jord rig på organisk stof. Man kan til formålet vælge enten en naturlig jord med de ønskede egenskaber eller blande jorden til formålet. I begge tilfælde skal man være opmærksom på, at det organiske stof i jorden skal være fysisk og biologisk stabilt samt næringsfattigt, således at det ikke afgiver kolloider og næringssalte.

Det må derfor stærkt frarådes at bruge for eksempel kompost, idet dette er et ustabiliseret materiale. Vel-gødet landbrugsjord bør undgås af samme grund. Vælger man at blande jorden selv, kan dette for eksempel ske ved at iblande nogle procent spagnum (for eksempel 5% v/v) i vasket sand. Herved opnås en jord med gode filteregenskaber, der ikke frigiver uønsket stof eller kolloider. Afhængigt af, hvilke miljøskadelige stoffer der ønskes fjernet, vil hele filteret kunne bestå af en sådan filterjord (filtermuld). En rimelig tykkelse på filterlaget vil være omkring 1 m. Et snit af en sådan opbygning er vist i figur 2.

Man kan også vælge at lægge andre filtermaterialer under filterjorden. Kalkmaterialer er som udgangspunkt et fornuftigt valg, idet disse er effektive til at binde diverse opløste metaller samt modvirker en lav pH. Kalkmaterialer har endvidere et rimeligt forhold mellem pris og sorptionskapacitet. Det valgte materiale skal være fysisk stabilt, dvs. det må ikke afgive kalkstøv eller falde sammen med tiden. Der bør derfor vælges en hård kalksten. En sådan filteropbygning kan for eksempel bestå af 30-40 cm sand-spagnum blanding som beskrevet ovenfor samt 60-70 cm kalksten, således at den samlede tykkelse af filtermaterialerne bliver omkring 1 m.

Der kan også vælges en lang række andre filtermaterialer lige fra knust beton og muslingeskaller til kommercielle filtermaterialer, der er designet og produceret til formålet. I forbindelse med knust beton skal man være opmærksom på, at pH i begyndelsen kan være høje i forhold til recipienten. For muslingeskaller og andre bløde kalkmaterialer skal man være opmærksom på, at disse kan afgive kalkstøv, samt at muslingeskaller fra næringssaltbelastede farvande kan afgive fosfor. Kommercielle filtermaterialer har den fordel, at de typisk er velafprøvede, veldokumenterede og leveres som et ensartet produkt.

Filterets overfladeareal er afgørende for filteroverfladens levetid. Altså om og i givet fald hvor hurtigt filterets overflade klogger til. Erfaringer fra nedsivningsbassiner tyder på, at sandsynligheden for tilklogning

er beskeden ved et overfladeareal på 200 m²/red.ha. Vælges et mindre areal øges risikoen for tilklogning, henholdsvis den tid, der går før tilklogning bliver et problem. Det er dog relativt simpelt at retablere filterkapaciteten ved at afskrabe sedimentet samt måske de øverste 10 cm af filteret og herpå udlægge nyt materiale. Filterkapaciteten kan i et vist omfang også reableres ved at fræse eller harve filteret.

Levetiden af sorptionsmaterialerne vil typisk være lang, idet vejvand typisk kun indeholder små mængder opløst stof, der skal sorberes. Der findes ikke langtidsforsøg, der belyser levetiden af for eksempel den i figur 2 viste opbygning, men laboratorieforsøg indikerer levetider på i alt fald 50-100 år for selve filtermaterialet, hvis filteret anlægges med en filteroverflade på 200 m²/red.ha og en tykkelse på 1 m.

Filteret bør have tæt bund, således at der ikke trænger uvedkommende vand ind i bassinet fra den omliggende jord. En tæt bund vil endvidere forhindre nedsivning af vejvand, hvor dette er uønsket.

Filteret kan stå vandfyldt, hvilket vil øge kontakttiden mellem vandet og filtermaterialet og dermed den tid, opløste stoffer har til at sorbere til materialet. Hvis filteret står vandfyldt er det væsentligt at sikre sig, at filtermaterialet har ringe biologisk omsættelighed (fx ved at bruge spagnum eller uorganiske filtermaterialer), idet vandet ellers vil kunne blive iltfrit, mens det står i filteret.

Forsinkelsesvolumen

Hvor filteranlægget er anlagt med udledning til en hydraulisk følsom recipient dvs. et vandløb med kapacitetsbegrænsninger, bør udledningen drosles. Denne drosling kan foregå som en opstuvning i forbassinet eller som en opstuvning over filterbassinet. Selve den hydrauliske kapacitet af filterets overflade vil også betyde, at der skal være et vist forsinkelsesvolumen. I begyndelsen af et filters levetid vil den hydrauliske kapacitet være stor og lige så langsomt falde, efterhånden som filteret klogger til.

Hvad den endelige hydrauliske kapacitet bliver, styres til en vis grad af dels filterets materiale, men i større grad af det stof, der aflejres på filteret og i dets øverste lag. Med udgangspunkt i erfaringer fra nedsivningsanlæg er det rimeligt at antage, at et tilklogget filter efter mange års drift vil stabilisere sig ved en hydraulisk kapacitet på 6-12 µm/s. Ved en overflade på 200 m²/red.ha vil dette svare til 1,2-2,4 L/(s red.ha),

hvilket så vil svare til det afløbstal, der skal bruges i en klassisk dimensionering af forsinkelsesvolumener.

Anlægsfase og drift

I anlægsfasen vil der være store mængder sediment fra gravearbejder, kørsel og lignende. Dette sediment må ikke komme ind på filteret, idet det ellers vil kunne klogge overfladen til. Et filter må først kobles ind, efter at de bidragende arealer er stabiliseret. Det er afgørende, at dette sikres, da det ellers kan blive nødvendigt at retablere filteroverfladen straks efter, det er taget i drift.

Kort tid efter et anlæg er taget i drift, bør det tilses. Hvis alt er vel, bør anlægget derpå tilses med regelmæssige mellemrum. Oprensning af forbassinet bør ske efter en konkret vurdering, gerne når 20% af kapaciteten er opbrugt. Ved et vådt bassin-volumen på 50 m³/red.ha er et rimeligt bud, at bassinet skal oprenses hvert 5 år. Ved et volumen på 200 m³/red.ha er et rimeligt bud hvert 20. år. Det er dog væsentligt at holde sig for øje, at belastningen varierer fra sted til sted, og at oprensning derfor bør ske efter en konkret vurdering.

Selve filteroverfladen skal oprenses, når der begynder at samle sig vand på overfladen, der ikke dræner af. Dette kan verificeres ved at tage ud og inspicere et filter 1 til 2 dage efter kraftig regn. Hvis der står en væsentlig vandansamling på filterets overflade, indikerer dette, at den hydrauliske ledningsevne er kommet under dimensioneringskriteriet på 6-12 µm/s. Filterets kapacitet kan til en vis grad reableres ved mekanisk bearbejdning af overfladen (harve, fræse). En bedre løsning er dog at skrape det øverste lag af – det vil sige det aflejlrede sediment plus måske 10 cm af det oprindelige filter – og derpå fylde nyt filtermateriale på.

Afsluttende bemærkninger

Det beskrevne anlæg er lavteknologisk, effektiv og driftsbesparende. På steder, hvor det er hensigtsmæssigt at efterpolere vejvand før udledning til recipient, og hvor pladsen tillader det, er denne type anlæg en oplagt løsning. De er relativt simple at anlægge, enkle at drive, giver effektiv reduktion af miljøfremmede stoffer herunder tungmetaller og mikroplast og kan reducere temperaturen i det udledte vand.